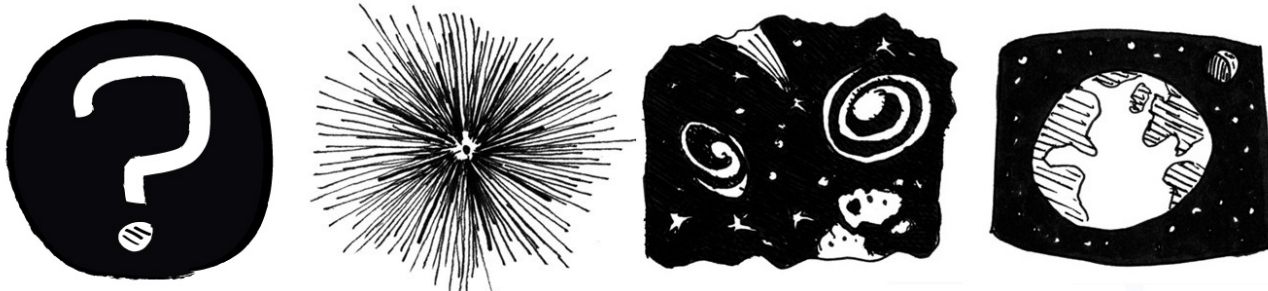


# Un regard vers L'origine de l'Univers



## Avant le big-bang ?

Depuis des milliards d'années, l'**univers** est en expansion : les galaxies que l'on observe s'éloignent pour la plupart les unes des autres. Mais quand on remonte le cours du temps, l'univers doit donc être de plus en plus concentré. Ainsi tout l'Univers aujourd'hui observable aurait été, il y a environ 13,7 milliards d'années, réduit à un volume de taille nulle ! C'est le **Big-Bang**, état purement théorique qui définit l'origine du temps de notre Univers par convention. Il constitue ce qu'on nomme en mathématiques une « singularité » : certaines grandeurs physiques telles que la densité ou la température deviennent infinies ...



Crédits : *Nouvel Observateur*

## La question de l'avant-Big-Bang a-t-elle un sens ?

En relativité générale, la théorie qui est utilisée pour décrire l'évolution de l'univers dans son ensemble, la question de l'avant-Big-Bang n'a pas de sens. Le Big-Bang est l'origine de l'espace et du temps. Chercher l'avant-Big-Bang serait comme chercher le nord du pôle Nord à la surface de la Terre : il n'y en a tout simplement pas. La question serait mal posée.

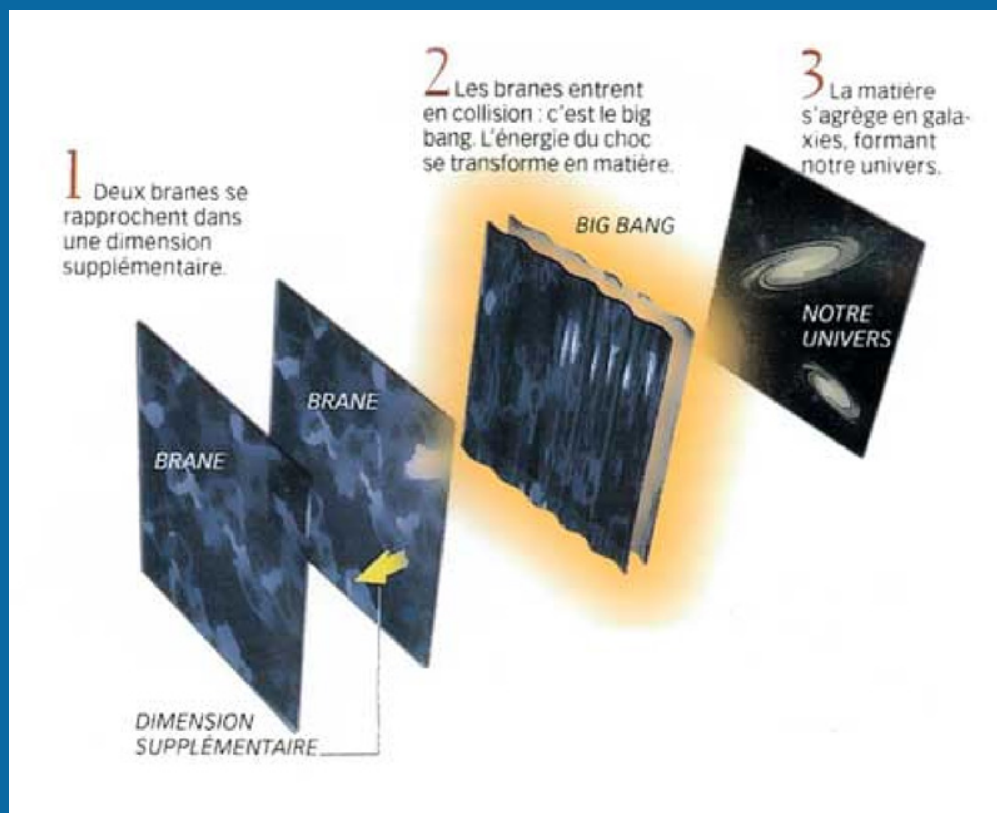
Cependant on soupçonne fortement que cette singularité soit avant tout la conséquence du fait que nos lois de la **gravitation** deviennent alors inopérantes, et qu'il faut les remplacer par autre chose. On entre ici dans un domaine spéculatif, car il n'existe guère de consensus et encore moins de certitudes sur la nouvelle forme que pourraient prendre de nouvelles lois de la gravitation qui opèreraient dans de telles conditions physiques. Plusieurs théories candidates existent. Parmi lesquelles la plus populaire chez les scientifiques est la théorie des cordes et, après elle, la plus connue du grand public s'appelle gravité quantique à boucles. Aucune de ces théories n'est aboutie, et aucune d'elle ne donne aujourd'hui de réponse définitive aux questions sur les premières phases du Big Bang. Mais cela n'empêche pas les chercheurs qui les étudient d'avoir déjà quelques idées sur cette question !

En relativité générale on ne peut pas atteindre le Big-Bang, et encore moins l'avant-Big-Bang. L'histoire ne s'achève néanmoins pas ici. Les singularités posent problème : elles marquent les limites de la théorie qui les prédit. Ce qui n'est pas étonnant : la relativité générale est un modèle classique qui ignore les effets de la mécanique quantique. Or les deux modèles de gravitation quantique les plus convaincants à ce jour - la gravitation quantique à boucles et la théorie des

cordes - ont justement en commun de « régulariser » la singularité du Big-Bang et donc d'ouvrir une porte sur l' « avant-Big-Bang » !

## La théorie des cordes

La théorie des cordes suppose que les objets fondamentaux, les particules élémentaires telles que les photons par exemple, ne sont pas ponctuels mais qu'il s'agit de petites structures filiformes. Au prix de l'introduction de dimensions supplémentaires (des dimensions d'espace s'ajoutant aux trois dimensions de notre espace usuel), elle permet d'unifier les **interactions fondamentales** et d'apporter une solution possible au problème de la gravité quantique. Dans un cadre cosmologique elle conduit à différents scénarios possibles. Le modèle «pré Big-Bang» présente un univers éternel composé, dans un passé lointain, d'un gaz très dilué de **rayonnement** et de matière. Le scénario ekpyrotique propose plutôt une collision de membranes flottant dans un espace de dimension supérieure. Dans tous les cas, le Big-Bang au sens usuel disparaît : il n'y a plus d'instant dans l'histoire de l'Univers où celui-ci a une taille nulle et une température infinie ... mais ce modèle unique et simple est remplacé par de nombreuses possibilités plus complexes.

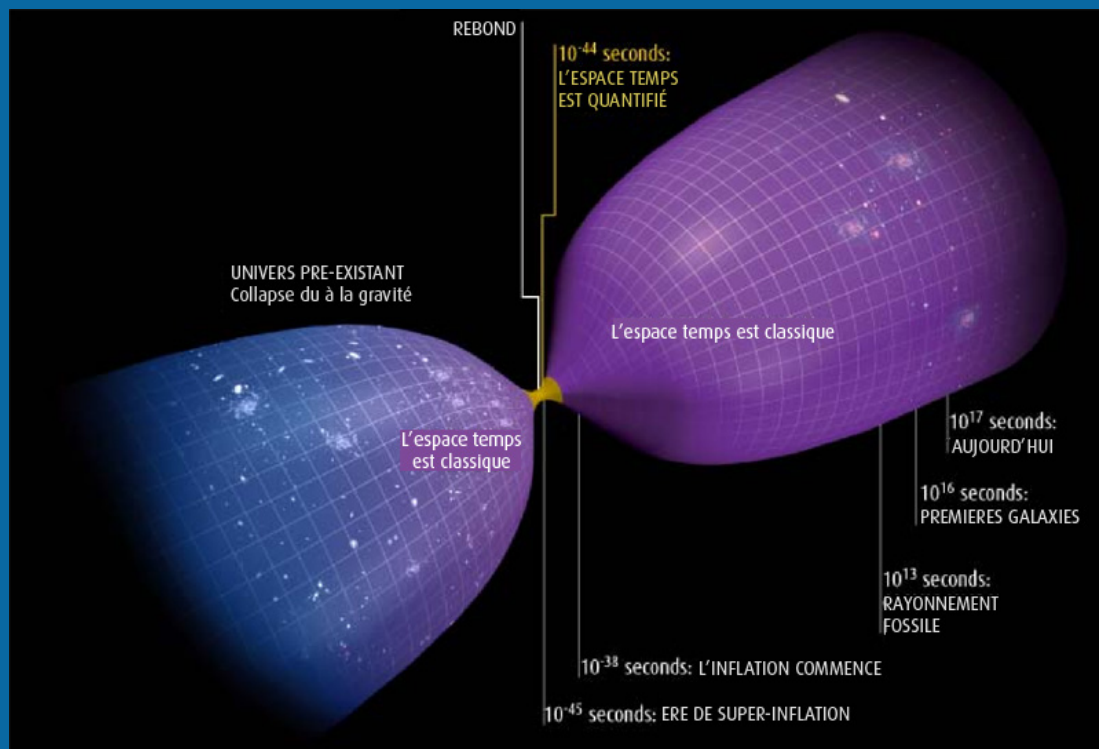


Légende : Un scénario proposé par la théorie de la théorie des cordes.

Crédits : Science et Vie (n° juillet 2002)

## La gravitation quantique à boucles

La gravitation quantique à boucles part de la relativité générale et tente de la rendre compatible avec la **mécanique quantique**. Elle conduit ainsi à l'image révolutionnaire d'un espace « discontinu », comme formé de petites mailles. Quand on applique ce modèle à l'Univers entier, le Big-Bang disparaît : il est remplacé par un « Big-Bounce », un grand rebond. L'univers aurait donc subi une phase de contraction avant l'actuelle expansion et ce qu'on nommait Big-Bang ne serait qu'un goulet d'étranglement. Autre point intéressant, un épisode d'**inflation** suivrait obligatoirement et naturellement le rebond. L'univers existerait de toute éternité et aurait rebondi une fois, ou une infinité de fois, à l'instar des modèles cycliques des cosmologies anciennes.



Légende : Scénario proposé par la théorie de la gravitation quantique à boucles : le Big-Bang originelle est remplacé par un goulet d'étranglement, une "simple" étape dans l'histoire de notre Univers. Des scénarios similaires peuvent également être produits par la théorie des cordes.

Crédits : *New Scientist* (n° décembre 2008)

## Peut-on voir des traces de l'avant-Big-Bang ?

Ces modèles sont bien évidemment spéculatifs. Mais il est significatif qu'ils conduisent tous, d'une manière ou d'une autre, à un univers éternel existant dès avant ce qu'on nomme le Big-Bang. Il est très difficile de tester ces propositions ... mais ce n'est peut-être pas impossible. La meilleure voie aujourd'hui envisagée consiste à étudier les **ondes gravitationnelles** qu'ils génèrent. Elles diffèrent d'une théorie à l'autre et devraient laisser de fines empreintes dans la « polarisation tensorielle » du **rayonnement fossile**. Par exemple, certains scénarios avec rebond prédisent que ces ondes gravitationnelles seraient quasiment absentes aujourd'hui. Il est fort probable que ces traces soient trop faibles pour être mesurées par le satellite Planck, mais, s'il a un successeur, ce futur satellite devrait être capable de mesurer cet infime signal.

Certes, découvrir l'avant Big-Bang ne sera d'une certaine façon que repousser un peu plus loin la question "et avant ?" ...

### Pour en savoir plus :

- [Page dédiée au Big Bang](#)
- [Page Polarisation](#)